

例えば、固体電解質の一方の電極面を含んで空間を形成する室（ガス拡散室）を備え、両電極間に電圧を印加して測定ガス中のガス成分を上記室内に拡散導入し、その際に流れる電流量を測定することによって、測定ガス中のガス成分濃度を検出する空燃比センサが提案されている（特開昭52-72286号公報及び特開昭53-66292号公報参照）。

また、固体電解質の両面に電極を設けて形成した酸素ポンプ素子と酸素濃淡電池素子とを、ガス拡散室を挟んで対向させた空燃比検出素子を用い、酸素濃淡電池素子の起電力が一定となるように酸素ポンプ素子に流す電流量を調節することによって、酸素濃度を検出するものも提案されている（特開昭60-36032号参照）。

〔発明が解決しようとする課題〕

しかしながら、定常運転時以外、例えばエンジンの始動時に上記フィードバック制御を行って、エミッション等の低減を図ろうとしても、従来の空燃比検出素子は、暖機時には使用可能な温度に

する空燃比検出素子を要旨とする。

ここで、上記空燃比検出素子としては、ガス導入部でガス律速するとともに、上記ガス拡散室の測定空間の間隙を $20\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ とし、かつ測定空間の容積を $0.05\text{mm}^3\sim 1.0\text{mm}^3$ としたものが、測定精度及び応答性に優れ一層好適である。

固体電解質基板の材料としては、イットリアージルコニア固溶体、カルシアージルコニア固溶体が知られており、更に二酸化セリウム、二酸化トリウム、二酸化ハフニウムの各固溶体、ペロブスカイト型固溶体、3価金属酸化物固溶体等が使用できる。

多孔質電極の材料としては、白金、ロジウム等を用いることができ、これらは、例えば原料粉末を主成分としてペースト化し厚膜技術を用いて印刷後、焼結して形成する。

測定ガスに直接に接する酸素ポンプ素子の外側の多孔質電極は、その表面にアルミナ、スピネル、ジルコニア、ムライト等の電極保護層を厚膜技術

で形成するまでに長い時間がかかってしまい、その間は空燃比センサを用いた制御ができなかった。この対策として、ヒークを用いて空燃比検出素子を急速に加熱して素子自体の温度を迅速に使用温度まで上げると、サーマルショックによって素子が損なわれることがあるので、加熱速度を一定以上に上げることができないという問題があった。

本発明は、空燃比検出素子の各部分の寸法を特定することにより、サーマルショックに強く、コンパクトでかつ高性能な空燃比検出素子を提供することを（目的）とする。

〔課題を解決するための手段〕

かかる問題点を解決するための本発明の構成は、少なくとも固体電解質基板の両側に多孔質電極を設けた酸素ポンプ素子と、該酸素ポンプ素子の一方の多孔質電極を覆うガス拡散室と、該ガス拡散室と測定雰囲気とを連通するガス導入部とを設けた空燃比検出素子において、上記空燃比検出素子の厚さを $0.7\text{mm}\sim 1.25\text{mm}$ とし、かつ該素子の幅を $2.8\text{mm}\sim 4.0\text{mm}$ としたことを特徴と

を用いて形成することが好ましい。尚、ガス拡散室側の電極は、ガス律速層を通過した測定ガスをより速く検出するために、電極保護層は不要である。

ガス拡散室は、例えば多孔質電極を固体電解質基板の両側に設けた酸素濃淡電池素子と酸素ポンプ素子と対向して配設し、該酸素濃淡電池素子と酸素ポンプ素子との間に、ガス拡散室となる空所を有するスペーサを挟んで接合することにより形成される。このスペーサの素材としては、アルミナ、スピネル、フォーステライト、ステアタイト、ジルコニア等が用いられる。

・ガス導入部はガス拡散室と測定雰囲気とを連通するものであり、このガス導入部には多孔質材を充填して拡散抵抗を増すようにしてもよい。尚、上記測定空間とは、ガス導入部の容積を除いたものである。この測定空間の容積は、ガス拡散室内の酸素ポンプ素子の電極面積と上記間隙の寸法によつてほぼ定まるものである。

上記酸素ポンプ素子や酸素濃淡電池素子を加熱

するために一般的にヒータが設けられている。このヒータは、ヒータ自体からの電氣的漏洩を防止するために、上記空燃比検出素子本体とは別体に製造されるものであり、素子の外側に貼付けて使用される。また他の例として、ヒータのパターンを多孔質電極の周囲にコ字状に配置して素子と一体に成形してもよい。

本発明は少なくとも酸素ポンプ素子とガス拡散室を有する空燃比検出素子に適用できるものであり、この空燃比検出素子として、次のような構成の素子に適用できることは勿論である。例えば、酸素ポンプ素子と対向した酸素濃淡電池素子を備えた空燃比検出素子やその酸素濃淡電池素子を備えていない空燃比検出素子、酸素濃淡電池素子の代わりに、チタニアからなる検出素子を酸素ポンプ素子と対向して配置した空燃比検出素子にも適用できる。また、酸素濃淡電池素子のガス拡散室とは接しない外側の多孔質電極側に大気が導入される大気導入室を形成した空燃比検出素子や、この多孔質電極を遮蔽板で閉じ、酸素を漏出するた

めの漏出抵抗部を介して外部又はガス拡散室と連通された内部基準酸素源を形成してなる空燃比検出素子等にも本発明は適用できる。

〔作用〕

本発明の空燃比検出素子は、空燃比検出素子の寸法を特定することにより、一定以上の強度を有するとともに熱容量の小さなコンパクトな空燃比検出素子が実現できる。そして、このようにコンパクトにできることにより、空燃比検出素子の温度がヒータ等の加熱によって急速に上昇しても、素子自体の膨張等が少ないことからサーマルショックによって素子が損なわれることがない。従って、始動時に急加熱することができ、始動時間の短い暖機特性の優れたものとなる。

また、測定ガスの拡散速度の律速をガス導入部で行うものにおいては、空燃比検出素子の周波数に対する応答性は、ガス拡散室の測定空間によって変化する。即ち測定空間の間隙が狭くなると測定ガスの拡散速度がその間隙で律速して測定精度が低下し、一方、間隙が広すぎると酸素ポンプ素

子のポンピング能力が状態の変化に追いつかず応答性が低下する。従って、請求項2に記載した様に所定の測定空間を設定することにより、測定精度や応答性に優れた空燃比検出素子となる。

〔実施例〕

以下本発明の一実施例を図面に従って説明する。

第1図は本実施例の空燃比検出素子1の斜視図、第2図は空燃比検出素子1及びそのヒータ2の一部破断斜視図、第3図はそれらの分解斜視図を示している。

第2図に示す様に、空燃比検出素子1の両側には、ヒータ2が空燃比検出素子1と一定の間隔を保って近接して配置されている。

空燃比検出素子1は、固体電解質基板3の両側に多孔質電極4、6を形成した酸素濃淡電池素子8と、同じく固体電解質基板10の両側に多孔質電極12、14を形成した酸素ポンプ素子16と、これらの両素子8、16の間に積層されてガス拡散室18を形成する上下の2体の内部スペーサ20、22とを備えている。更に、酸素濃淡電池素

子8の外側には、多孔質電極6を覆って遮蔽体24が積層され、一方、酸素ポンプ素子16の外側には、多孔質電極14を覆って多孔質保護層19が積層されている。

上記酸素ポンプ素子16は、後述する第1表に示す寸法を有している（以下各部材の寸法は第1表に記す）。その固体電解質基板10は主としてイットリアージルコニア固溶体からなり、一方、多孔質電極12、14は各々8mm²の電極面積を有し、イットリアージルコニア固溶体と白金とから形成されている。また、多孔質保護層19は、主にアルミナから形成されている。

一方、上記酸素濃淡電池素子8は、酸素ポンプ素子16と同様に、イットリアージルコニア固溶体からなる固体電解質基板3の両面に、上記と同様な多孔質電極4、6を形成したものである。

また、遮蔽体24はジルコニアからなる固体電解質から形成されている。この遮蔽体24は酸素濃淡電池素子8の外側の多孔質電極6を内部基準酸素源Rとして用いるために、その多孔質電極6

を外部の測定ガスより遮断するものである。

この外側の多孔質電極6は、内部基準酸素源Rとして用いる際に、その内部に発生した酸素をガス拡散室18に漏出できるように形成されている。即ち、第3図に示すアルミナ等からなる多孔質絶縁体36、多孔質電極6と同じ材料からなる導電材38、スルーホール40及び内側の多孔質電極4のリード部42が、漏出抵抗部として形成され、外側の多孔質電極6内に発生された酸素をこの漏出抵抗部を介してガス拡散室18に漏出するようにされている。

更に、上記酸素ポンプ素子16と酸素濃度電池素子8とによって挟まれる内部スペース20、22は、アルミナを素材とするコ字状の部材20と凹状の部材22とからなり、内側の多孔質電極4、12と同径のガス拡散室18を形成する。このガス拡散室18の両側には、外部と連通するガス導入孔46、48が設けられており、そのガス導入孔46、48にはアルミナからなる多孔質の充填剤が詰められて、ガス律速層50、52が形成さ

る。即ち空燃比検出素子1側に、蛇行したU字状の発熱パターン66を備えており、その発熱パターン66はアルミナからなる内側ラミネートシート68に覆われている。また、母体シート64の他方の側には、スルーホール70を介して発熱パターン66と接続されたマイグレーション防止パターン72を備え、そのマイグレーション防止パターン72は外側ラミネートシート74に覆われている。

第2表

ヒータ	厚さmm	幅mm	長さmm
外部スペース	0.1	3.6	45
内側ラミネートシート	0.3	3.6	45
母体シート	0.5	3.6	45
外側ラミネートシート	0.3	3.6	45

尚、上記マイグレーション防止パターン72は発熱パターン66とはほぼ同形に形成され、スルーホール70を介してヒータ電源のマイナス極にの

れている。

第1表

空燃比検出素子	厚さmm	幅mm	長さmm
固体電解質基板	0.36	3.6	45
多孔質電極	60 μ m	2.0	4.0
内部スペース ²⁰ ₂₂			
遮蔽体	0.36	3.6	45
ガス拡散室	60 μ m	2.0	4.0

尚、上述した空燃比検出素子1の外側の表面には、多孔質電極14の表面を除いて、通常厚さ10~20 μ mの図示しない絶縁被膜が形成されている。

一方、ヒータ2は第2表に示す寸法を有し、第2図に示すように、空燃比検出素子1の両側に、各々耐熱セメントからなる厚さ約100 μ mの外部スペース60を介して、空燃比検出素子1と平行に配置されている。このヒータ2は、第4図に示すように、アルミナからなる母体シート64の一

み接続されている。このマイグレーション防止パターン72は、母体シート64に含有されているSiO₂、CaO、MgO等の微量のフラックスが、高温及び大きな電位差によって移動して、発熱パターン66を損傷することを防ぐためのものである。即ち、発熱パターン66とマイグレーション防止パターン72との間で積極的にマイグレーションを行わせることによって、発熱パターン66の正負の電極間でのマイグレーションを防止するものである。

次に、上述した各部材からなる空燃比検出素子1及びヒータ2の製造手順を第3図に基づいて説明する。

まず、酸素ポンプ素子8及び酸素濃度電池素子16の固体電解質基板3、10となるシートを、イットリアージルコニア系の粉末に焼結助剤としてシリカを約1.5重量%添加し、PVB系のバインダと有機溶剤とを用い、ドクターブレード法により製造する。

そして、上記シート上に多孔質電極4、6、1

2. 14を形成するため、酸素地16重量%と、比表面積 $10\text{ m}^2/\text{g}$ 以下(例えば $4\sim6\text{ m}^2/\text{g}$)の白金粉末とを、セルロース系或はPVB系のバインダ、及びブチルカルビトールの様な溶剤を用いてペースト化し、このペーストをスクリーンによってシート上に印刷する。更に酸素ポンプ素子16の外側の多孔質電極14の表面を、多孔質保護層19となるペースト化したアルミナで印刷して得る。

また、内部スペーサ20、22として、アルミナからなるシートを形成して、酸素ポンプ素子8上に配置し、ガス導入孔46、48となる切欠部分に、ペースト化したアルミナを印刷してガス律速層50、52を形成する。

そして、上記酸素濃度電池素子8、酸素ポンプ素子16、内部スペーサ20、22等を積層するとともに、遮電体24のシートを圧着した後に、約 1500°C で1時間通常の焼成を行って、空燃比検出素子1を製造する。

ヒータ2は、空燃比検出素子1とは別体に製造

されるものであり、母体シート64に発熱パターン66及びマイグレーション防止パターン70を印刷し、更にその両側にラミネートシート74を積層したものを焼成して製造する。

そして、このヒータ2は、上記焼成した空燃比検出素子1の両側に、外部スペーサ60を挟んで耐熱性無機接着剤を用いて貼付けられる。

次に、空燃比検出素子1の動作を説明する。

まず、酸素濃度電池素子8の多孔質電極4、6間に、外側の多孔質電極6を正極とし内側の多孔質電極4を負極とするように所定の電圧(例えば 5 V)を抵抗(例えば $250\text{ k}\Omega$)を介して印加することにより所定電流を流して、ガス拡散室18内から内部基準酸素源R(外側の多孔質電極6)に酸素を輸送する。

次いで、内部基準酸素源Rの酸素ガス分圧がガス拡散室18内の酸素ガス分圧より高くなると、この酸素ガス分圧比によって、多孔質電極4、6間に起電力が生ずる。この端子間電圧はガス拡散室18内のガスがリッチ域の場合とリーン域の場合

ることができる。

次に、本発明の効果を確認するために行った実験例について説明するが、下記(実験例1~2)は空燃比検出素子の寸法を変えてサーマルショックによる影響を調べたものである。また(実験例3~5)は空燃比検出素子の暖機特性を調べたものであり、(実験例6~8)は空燃比検出素子の測定空間の寸法を変えて応答性等について調べたものである。更に(実験例9)は接着層aについての実験例である。

(実験例1)

第1図に示す空燃比検出素子の厚さ(素子厚さ) t と幅(素子幅) w を変えて、各種の空燃比検出素子を製造した。この空燃比検出素子を用いて急熱急冷サイクル試験を行った。この急熱急冷サイクル試験とは第5図で示すように、最初の60秒間は約 $1250^\circ\text{C}\pm50^\circ\text{C}$ で加熱し、次の60秒間は $20^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ で放冷し、次の60秒間は $20^\circ\text{C}\pm10^\circ\text{C}$ の空気を送って強制空冷するものであり、この180秒間を1サイクルとする。

合との間で数百mVの差が生じ、かつその差はリッチ域とリーン域との境すなわち理論空燃比でステップ状に変化する。

酸素ポンプ素子16は、この酸素濃度電池素子8の特性変化を利用して、ガス拡散室18内の空燃比状態が周囲測定ガスの空燃比状態の如何にかかわらず常にほぼ理論空燃比($\lambda=1$)となるように、ガス拡散室18内に外部から酸素をくみ入れたりくみ出したりする。

即ち、酸素濃度電池素子8の両端子間の電圧が所定の一定値になるように、酸素ポンプ素子16を用いてガス拡散室18の酸素をくみ出したりくみ入れたりさせ、その時の酸素ポンプ素子16に流れる電流(ポンプ電流 i_p)を検出して排ガスの空燃比出力とする。

あるいは、その逆に酸素ポンプ素子16のポンプ電流 i_p を一定値に制御してガス拡散室18の酸素を所定量だけくみ出すかくみ入れ、その時の酸素濃度電池素子8の電極間の電圧を検出することにより、排ガスの空燃比に応じた信号を検出す

そして、耐サーマルショック性を調べるために、素子幅 w を 4.0 mm で一定とし、素子厚さ t とサイクル数とを変えて、その時の素子のシート厚さ方向のガス透過性の有無を調べた。即ち、素子の厚さ方向にガス透過性があれば、サーマルショックによって空燃比後出素子が損傷を受けたと判断するものである。このガス透過性の判定方法は空燃比後出素子の温度が 800°C のリッチガス中では、ポンプ電流 I_p を 0 mA とした時、酸素濃度電池素子の電圧（電池電圧） V_s が 800 mV を超えるのが正常なので、電池電圧が V_s が 800 mV を下回る場合をガスの透過と判定したものである。

その結果を縦軸にサイクル数とり横軸に素子厚さ t をとった第6図に示す。図から明らかなように、耐サーマルショック性は素子厚さ t が 1.25 mm 以下の範囲のときに高く好適である。

(実験例2)

次に、様々な素子厚さ t と素子幅 w の空燃比後出素子を用いて、200サイクル前後の急熱急冷の試験を行い、その時の素子の厚さ方向のガス透

過性、即ち耐サーマルショックの過、不適を、200サイクル以上と200サイクル未満に分けて調べた。その結果を第7図に示すが、この図に用いた記号の意味は第3表に示す通りであり、第7図の境界の下側が200サイクル以上の実験データを示している。

第3表

判定 サイクル数	ガス透過性 (耐サーマルショック性)	
	リーク殆どナシ (通)	リーク多少アリ (不通)
200サイクル以上	○	●
200サイクル未満	△	—

この図から明らかなように、200サイクル以上の時でも、素子厚さ t が $0.7\text{ mm} \sim 1.25\text{ mm}$ 好ましくは $0.9\text{ mm} \sim 1.15\text{ mm}$ 、かつ素子幅 w が $2.8\text{ mm} \sim 4.0\text{ mm}$ の寸法の範囲では、効果的にガスの透過を防止できる。即ち、上記寸法の空燃比後出素子は、高い耐サーマルショック性を備えている。ここで、素子厚さ t が 0.7 未満でガ

スの透過量が多いのは、素子が薄すぎるためと考えられ素子として不適である。

尚、素子幅 w の下限値 2.8 mm は、設計上の制約によるものであり、以下にその理由を説明する。

第8図に示すように、上述したマイグレーション防止の効果を発揮するためには、発熱パターンの中央の間隔 w_1 が母体シートの厚さ t の 1.5 倍以上、具体的には 0.8 mm 以上であることが望ましい。また、蛇行する発熱パターンは、印刷精度及び抵抗値との関係で 0.4 mm の線幅が必要であり、かつ有効な発熱面積を得るためには、蛇行幅 w_2 として 0.8 mm が必要とされる。また接着幅 w_3 として 0.5 mm 必要とされる。従って、ヒータの幅 w_h は

$$\begin{aligned} w_h &= w_1 + w_2 \times 2 + w_3 \times 2 \\ &= 0.8 + 0.8 \times 2 + 0.5 \times 2 \\ &= 3.4\text{ mm} \end{aligned}$$

となる。ここで、焼成後の割増が $1.23 \sim 1.24$ であるから、ヒータの幅 w_h は 2.8 mm となる。

また、空燃比後出素子の多孔質電極から引き出

されるリード線の幅は最小 0.5 mm であり、電極部分の幅はその 1.5 倍、即ち 0.75 mm が必要とされる。従って、電極の両側の接着幅 a として $0.7\text{ mm} \times 2$ を考慮すると、素子幅 w は計 2.15 mm (約 2.2 mm) となるが、空燃比後出素子はヒータと平行に配置されることから、酸素ポンプ素子を有効に加熱して優れた応答性を得るためには、空燃比後出素子の最小幅はヒータと同様な寸法の 2.8 mm が必要とされる。

(実験例3)

次に、暖機特性を調べるために、素子厚さ t を 1.25 mm で一定とし素子幅 w を変えて、発生する電池電圧 V_s が始動時から作動時の 450 mV になるまでの時間を測定した。この結果を第9図に示す。これは縦軸に電池電圧 V_s が 450 mV になるまでの時間とり横軸に素子幅 w をとったものである。図から明らかなように、素子幅 w が 4.0 mm 以下のときは、電池電圧 V_s が 450 mV になるまでの時間は25秒前後であり、暖機特性に優れていることを示している。尚、同じ構造の従来

の空燃比検出素子の寸法は、通常素子厚さ t が1.45mm~1.8mm、素子幅 w が5.5mm~7mmであり、上記450mVになるまでには約90秒以上かかっていた。

(実験例4)

同様に暖機特性を調べるために、素子厚さ t を1.25mmで一定とし素子幅 w を変えて、発生するポンプ電圧 V_p が始動時から1.5Vになるまでの時間を測定した。この結果を第10図に示すが、これは縦軸にポンプ電圧 V_p が1.5Vになるまでの時間ととり横軸に素子幅 w をとったものである。図から明らかなように、素子幅 w が4.0mm以下のときは、ポンプ電圧 V_p が1.5Vになるまでの時間も約42秒と少なく暖機特性に優れている。尚、上記寸法の従来例では、約120秒以上かかっていた。

(実験例5)

更に、1600cc、4サイクルエンジンをを用いて暖機特性の実験を行った。本実施例の寸法の素子を用いた全領域空燃比センサとして、始動時

面積やガス拡散室の間隔の寸法を変えて、周波数に対する応答や測定精度について調べた実験例について説明する。これらの実験から、応答性や測定精度に優れた測定空間として好適な寸法が見いだされた。

(実験例6)

まず、好適な酸素ポンプ素子の電極面積を求めるために行った実験について説明する。この実験は、空燃比 $\lambda=0.8$ 、測定温度を800℃として、ポンプ電圧 V_p と酸素ポンプ素子の電極面積との関係を求めた。その結果を縦軸にポンプ電圧 V_p をととり横軸に酸素ポンプ素子の電極面積をとった第12図に示す。図から明らかなように、ポンプ電圧 V_p として好適な2.0V以下となる酸素ポンプ素子の電極面積は、3.0mm²以上である。また通常多孔質電極の幅は電極から伸びるリード線の幅の1.5倍を必要とするので、例えば0.5mmの幅のリード線の1.5倍の0.75mmが必要となる。従って電極面積が3.0mm²の場合は電極の長さは3.0mm²/0.75mm=4mmとなる。

1.3Vを印加してヒータをオンするもの(Ⅰ)を用い、比較例として常時ヒータオンのもの(Ⅱ)、ヒータ付の λ センサ(Ⅲ)、ヒータ無しの λ センサ(Ⅳ)を用いた。その結果を、第11図に示す。この第11図は、始動時からの経過時間にしたがって、両素子のポンプ電圧 V_p や電池電圧 V_b 、水温や排気温の変化等を示したものである。図から明らかなように、本実施例の検出素子を用いたセンサ(Ⅰ)は、電池電圧 V_b が450mVに達する時間が約26秒、ポンプ電圧 V_p が1.5Vに達する時間が約30秒、即ち暖機活性化時間が約30秒と短く好適である。尚、この暖機活性化時間とは、常に測定雰囲気を示す比較例の常時ヒータオンのセンサ(Ⅱ)の出力と、本実施例のセンサ(Ⅰ)の出力とが一致するまでの時間である。また、比較例の λ センサ(Ⅲ)、(Ⅳ)の暖機活性化時間(出力が450mVに達する時間)は、構造が簡単であるにも関わらずそれぞれ42秒、88秒と遅い。

次に、ガス拡散室(測定空間)の多孔質電極の

(実験例7)

次に、ガス拡散室の測定空間と周波数に対する応答性(応答特性)との関係について調べるために、周波数に対するゲイン($\Delta V_p / \Delta I_p$ デシベル(dB))を求め、応答性の限界としてゲインが0dBのときの周波数を調べた。尚、ゲイン0dBとは $\Delta V_p / \Delta I_p = 1$ で増幅度1であり、それ以下では信号は減衰される。この結果を横軸に測定空間をととり縦軸にゲイン0dBとなる周波数をとった第13図に示す。図から明らかなように、測定空間が小さくなるほど周波数特性が向上することがわかる。また、例えばエンジンでは実用上10Hz以上を必要とするので、測定空間の容積は0.05mm³~1.0mm³としたものが、空燃比検出素子の応答性がよく好適である。

(実験例8)

また、上記実験例7の測定空間の容積の範囲内で、ポンプ電流 I_p と電池電圧 V_b との関係から急峻なZカーブ、即ち良好な測定精度が得られるかを調べた。その結果を第14図(測定空間

0.23mm³)及び第15図(測定空間0.75mm³)に示すが、それぞれ縦軸にポンプ電流 I_p ととり横軸に電池電圧 V_s をとったグラフである。両図から明らかなように上記測定空間の容積の範囲内の試料では急峻なZカーブ、即ち良好な測定精度が得られる。

特に、上記実験例6で述べたように、電極面積は3mm²以上が望ましいので、測定空間の間隙は20 μ m~100 μ m、特にそのうちでも30 μ m~100 μ mが測定精度及び応答性に優れ好適である。尚、測定空間の間隙が20 μ mを下回ると、ガス拡散が狭い間隙により促進されて V_s-I_p 特性が急峻でなくなるので、間隙の下限値は20 μ mとされる。

(実験例9)

次に、その他の実験例として、電極の外周と、固体電解質及び遮蔽体との外周の差、即ち接着幅 a (第1図)の適正値を求めるために行った実験について説明する。この実験では素子幅 w を4.0mm、素子厚さ t を1.25mmで一定にし、接着

幅 a とサイクル数とを変えて、サーマルショックによる割離等を調べた。その結果を縦軸性サイクル数ととり横軸に接着幅 a をとった第16図に示す。図から明らかなように、接着幅 a が0.7mm以上であれば、200サイクル以上の急熱急冷試験を行なっても割離等もなくサーマルショックにも強く好適である。

以上の実験例から明らかなように、始動時などにヒータで急速に加熱しても、サーマルショックによつて空燃比検出素子が損なわれて、空燃比を検出する能力や耐久性が損なわれることがない。更に、ヒータを用いて急加熱できるので、始動開始温度になるまでの時間が短く、始動時に迅速に空燃比の測定が可能になる。また、ガス拡散室も小さくでき空燃比センサの応答性も向上する。

また特に空燃比検出素子の厚さ t が0.7mm~1.25mm、好ましくは0.9mm~1.15mmの範囲であり、かつ素子幅 w が2.8mm~4.0mmの範囲であれば、顕著な耐サーマルショック性があるので、測定ガスがリークすることもない。ま

たこの寸法の範囲の空燃比検出素子は、暖機特性も優れているので始動後に極めて迅速に測定を開始できる利点がある。更に、空燃比検出素子の寸法が上記範囲内では、寸法が小さすぎることによる製造時の問題、即ち印刷工程で多孔質電極のペースト内の溶剤が、固体電解質基板等のシートに浸入することによつて生ずるシート印刷部の歪みを生ずることもなく印刷精度が低下することもない。またガス拡散室の測定空間の間隙が20 μ m~100 μ mの範囲であり、かつ測定空間の容積が0.05mm³~1.0mm³の範囲であれば、周波数特性や測定精度もよく好適である。更に、接着幅が0.7mm以上であればサーマルショックによつて割離が生ずることもない。

(発明の効果)

以上説明したように、本発明の空燃比検出素子は、寸法が特定されているので、耐サーマルショック性に優れかつ十分な強度を備えている。従つて、始動時にヒータ等で急加熱することができるので暖機特性が向上し、かつ応答性や測定精度も

優れたものとなる。

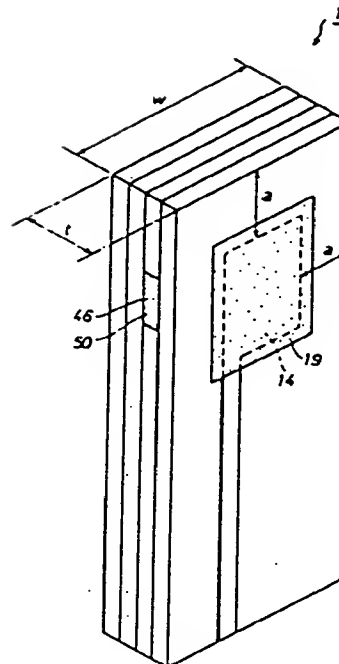
4 図面の簡単な説明

第1図は本実施例の空燃比検出素子の斜視図、第2図は空燃比検出素子及びヒータの一部破断斜視図、第3図はその分解斜視図、第4図はヒータの分解斜視図、第5図は急熱急冷サイクルの実験方法を示す説明図、第6図は急熱急冷サイクルと素子厚さとの関係を示すグラフ、第7図は急熱急冷サイクルと素子幅及び素子厚さとの関係を示すグラフ、第8図は発熱パターンを示す平面図、第9図は所定 V_s に至る経過時間と素子幅との関係を示すグラフ、第10図は所定 V_p に至る経過時間と素子幅との関係を示すグラフ、第11図は暖機特性を示すグラフ、第12図は V_p と I_p 電極面積との関係を示すグラフ、第13図は周波数と測定空間との関係を示すグラフ、第14図及び第15図は V_s と I_p による測定精度を示すグラフ、第16図は急熱急冷サイクルと接着幅との関係を示すグラフである。

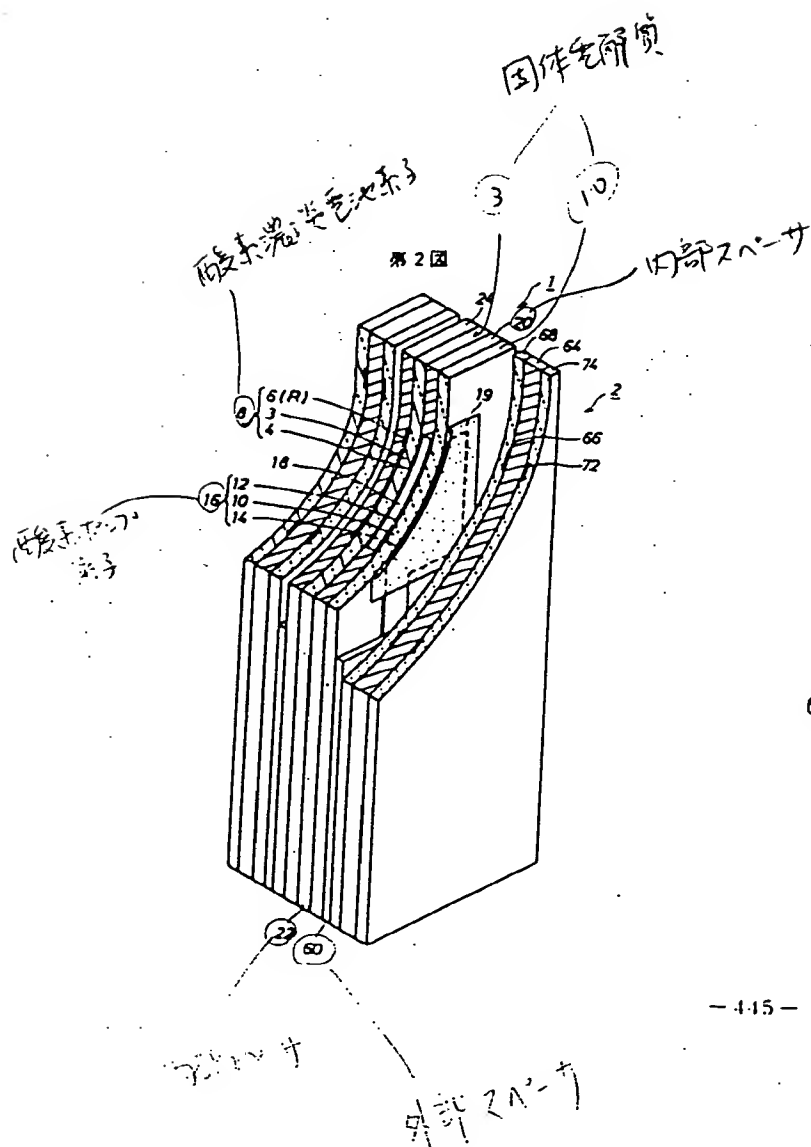
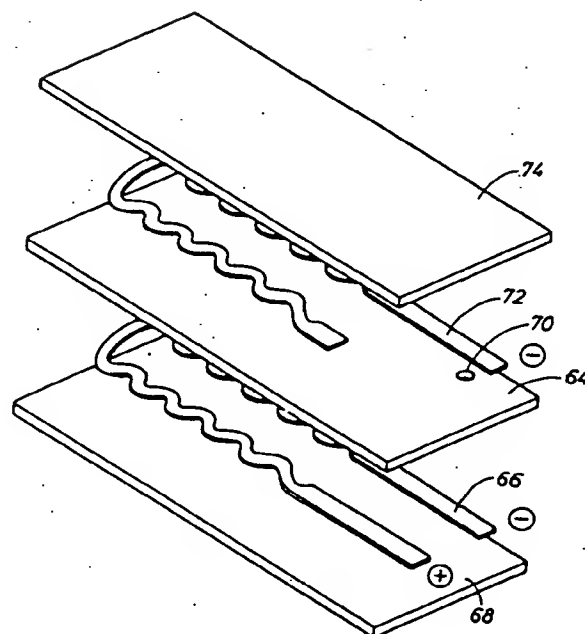
- 1…空燃比検出素子
- 2…ヒータ
- 3, 10…固体電解質基板
- 4, 6, 12, 14…多孔質電極
- 8…酸素濃度電池素子
- 16…酸素ポンプ素子
- 18…ガス拡散室
- 20, 22…内部スペーサ
- 60…外部スペーサ

代理人 弁理士 足立 勉

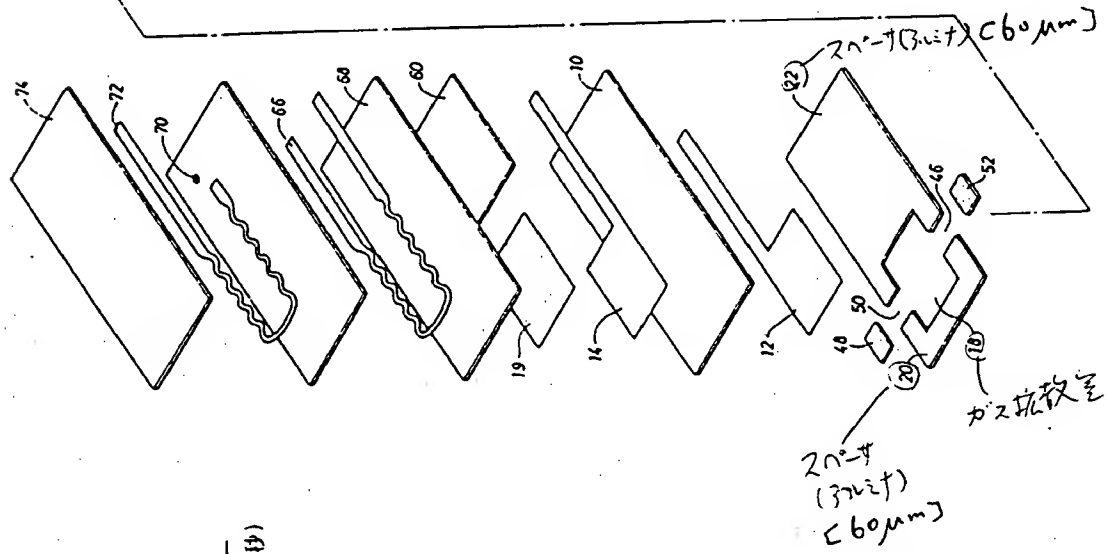
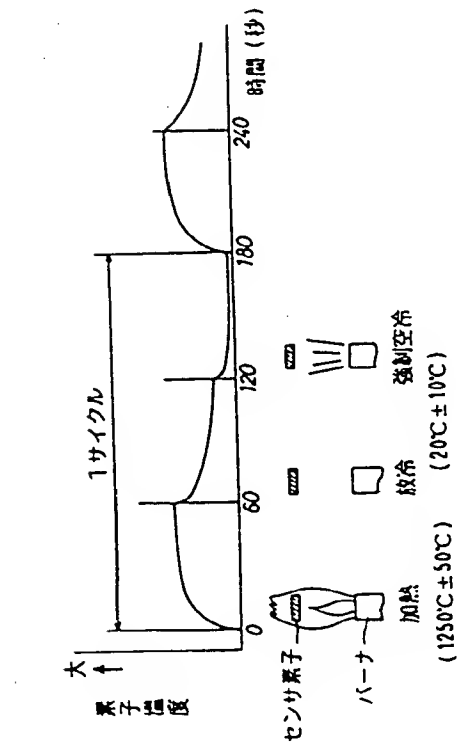
第1図



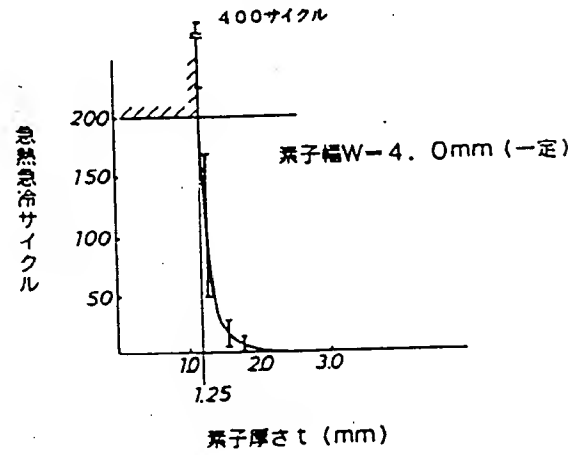
第4図



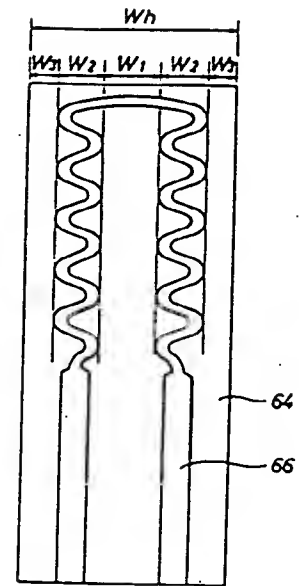
第5圖



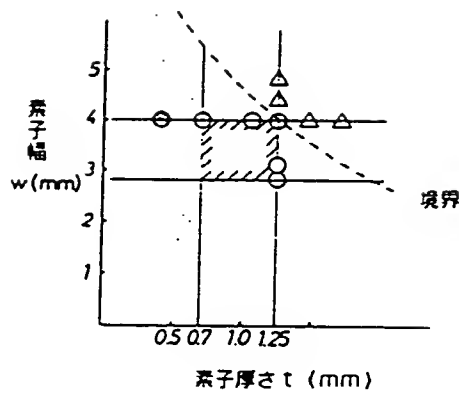
第 6 図



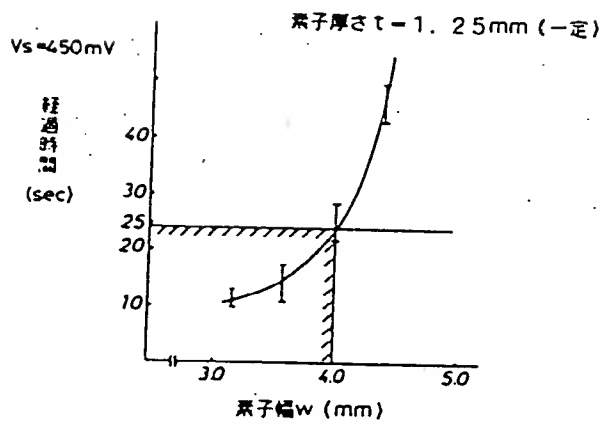
第8図



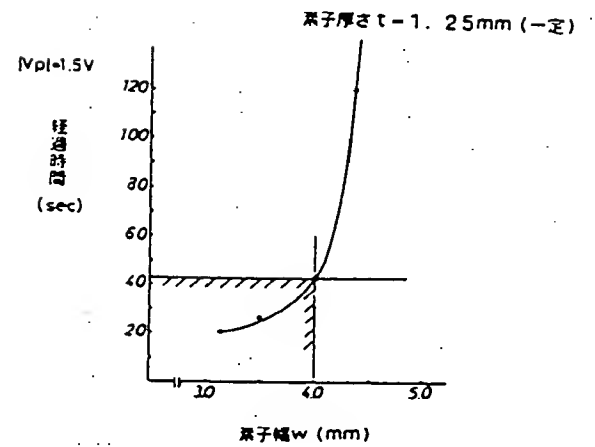
第7図



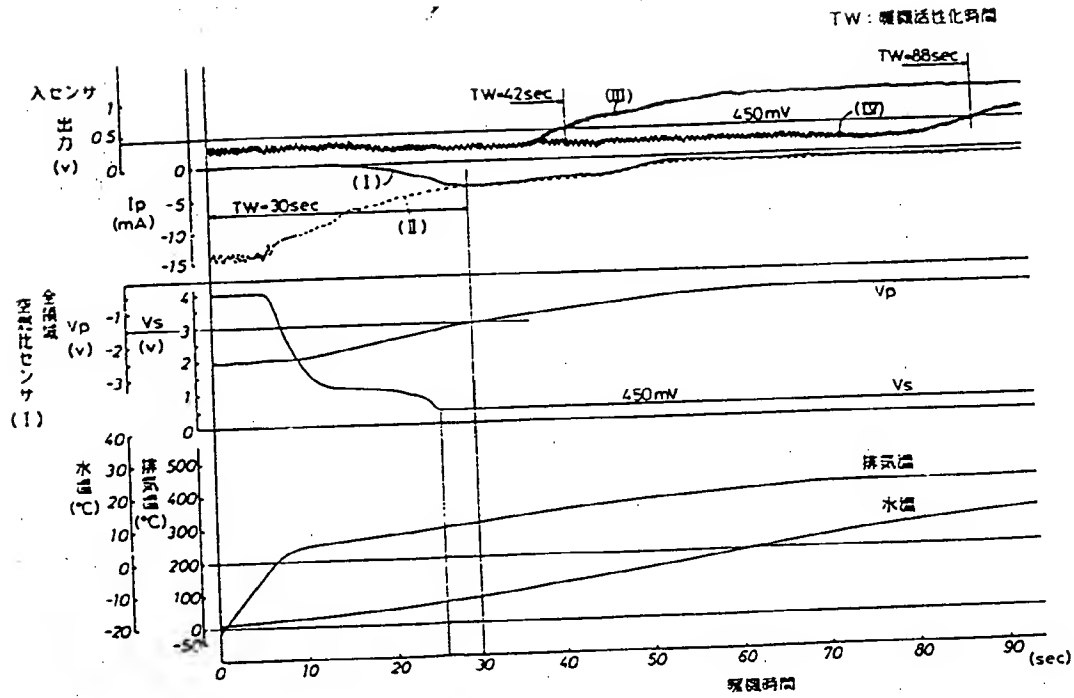
第9図



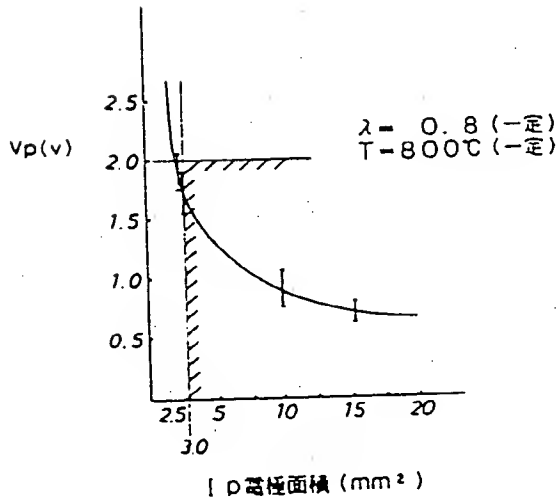
第10図



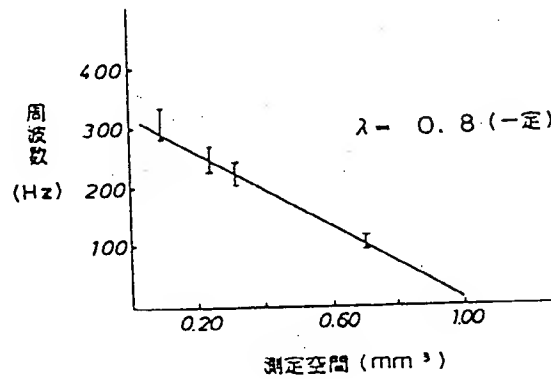
第11図



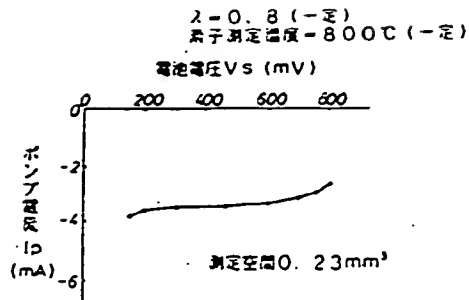
第12図



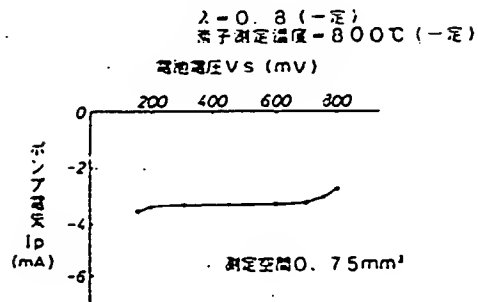
第13図



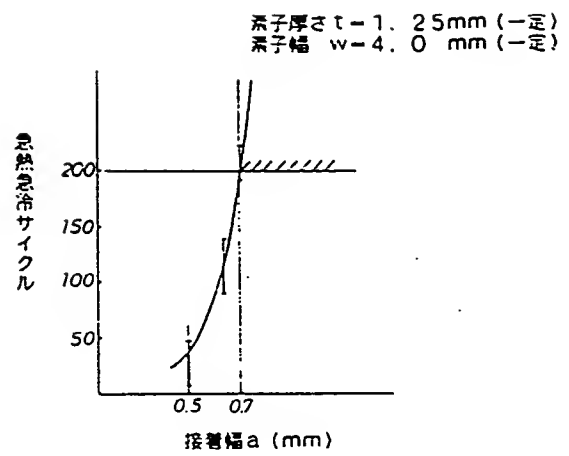
第14図



第15図



第16図



This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

